

## (54) OPTICAL SWITCH FOR MATRIX

(11) 63-197923 (A) (43) 16.8.1988 (19) JP

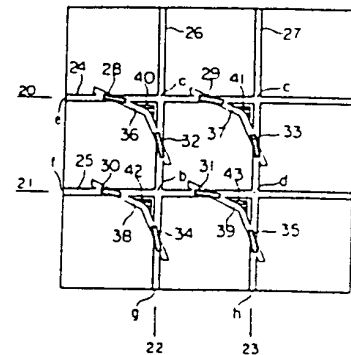
(21) Appl. No. 62-29565 (22) 13.2.1987

(71) NEC CORP (72) JUNICHI SHIMIZU(1)

(51) Int. Cl. G02F1/31, H04B9/00, H04Q3/52

**PURPOSE:** To obtain a miniature monolithic integrated circuit, and also, to realize low crosstalk by providing two pieces of optical switch elements between one input terminal and one output terminal, using only one piece of light reflector, and also, forming a matrix constitution itself by an isotopic shape.

**CONSTITUTION:** When light beams 20, 21 are made incident on a matrix optical switch, three beams pass through incidence use optical waveguides 24, 25 and made incident on optical switch elements 28~31. In these optical switch elements 28~31, an optical path is switched by an applied voltage  $O$  and  $V$ . A light beam whose optical path has been switched from the incidence use optical waveguides 24, 25 to waveguides 36~39 for connecting between the optical switch elements 28~31 is brought to a total reflection to some angle by light reflectors 40~43 and made incident on other optical switch elements 32~35 than the optical switch elements 28~31, the optical path is moved to emission use optical waveguides 26, 27, and the light beam is emitted as emitted light beams 22, 23. In such a way, the element length can be miniaturized, the switch is operated by a low voltage, and also, low crosstalk is realized.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-197923

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)8月16日

G 02 F 1/31  
H 04 B 9/00  
H 04 Q 3/52

A-7348-2H

T-7240-5K

B-8426-5K

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑬ 発明の名称 マトリックス光スイッチ

⑯ 特 願 昭62-29565

⑰ 出 願 昭62(1987)2月13日

⑱ 発 明 者 清水 淳一 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑲ 発 明 者 藤原 雅彦 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑳ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
㉑ 代 理 人 弁理士 岩佐 義幸

## 明 細 書

### 1. 発明の名称

マトリックス光スイッチ

### 2. 特許請求の範囲

(1) 基板上に互いに平行なM本(Mは自然数)の第1群の光導波路と、これと交わる互いに平行なN本(Nは自然数)の第2群の光導波路を設置し、前記第1群のi番目の光導波路と第2群のj番目の光導波路の交点を(i, j)とし( $1 \leq i \leq M$ ,  $1 \leq j \leq N$ , i, jは自然数)、交点(i, j)と交点(i, j-1)及び交点(i, j)と交点(i+1, j)の間にそれぞれ光スイッチエレメントを配置し(但し、 $j-1 < 1$ ,  $i+1 > M$ となる場合には、交点(i, j-1)をi番目の導波路の端部、交点(i+1, j)をj番目の導波路の端部とする)、前記第1群の光導波路及び前記第2群の光導波路とは異なる第3の光導波路で前記2つの光スイッチエレメント間を接続し、前記第3の導波路中に光反射器を設置したことを特徴とするマトリックス光スイッチ。

### 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、基板上に設置した光導波路を用いて光波を制御する導波型の光制御デバイスに関し、特に基板上に複数の光スイッチエレメントを設置して構成されるマトリックス光スイッチに関する。

(従来の技術)

近年の光通信システムの発展に伴い、従来にない新しい機能やサービスを提供するシステムが考えられている。その様なシステムで必要とされるデバイスとしては、その一つに超高速切換可能、低電圧動作、小型で集積化が容易といった可能性をもつ導波型の光スイッチが挙げられ、そのネットワーク化が必要とされている。光スイッチネットワークを構成するためには、特に複数の光伝送路間を任意に接続できる多チャンネル入出力型の光スイッチが必要である。導波型光スイッチは、基板上に設置した光導波路を用いて構成されているので、1つの基板上に複数の光スイッチエレメント

ントを集積化できるという特徴があり、比較的容易に多チャンネル光スイッチを得ることができる。なお、導波型の光スイッチには、方向性結合型、全反射型、Y分岐型等の方式がある。

第4図に、光スイッチエレメントとして方向性結合器を用いた $8 \times 8$ のマトリックス光スイッチの例を示す。このマトリックス光スイッチは、雑誌「エレクトロニクス・レターズ (Electronics Letters 22 (1986) 816)」に記載されているものを引用したものであり、光スイッチエレメントの1つを拡大して示している。この例によると素子長は60 $\mu$ mと非常に大きいものになっている。

(発明が解決しようとする問題点)

光スイッチを多段に組み合わせて得られるマトリックス光スイッチにおいて、光スイッチエレメントとしてはクロストークを比較的容易に低くでき、構成が簡単で多チャンネル化し易い方向性結合型と全反射型の光スイッチが用いられているが、両者ともエレメント長とスイッチング電圧がトレードオフの関係にある。ところが、高速のスイ

チングを行う場合は駆動回路を簡略化し、消費電力を小さくするためにスイッチング電圧は、できるだけ小さいことが望ましい。従って、光スイッチを多チャンネル化するときには、多くの光スイッチエレメントを光入射方向に多段に配置する必要がある。低電圧動作を行うためには光スイッチエレメント長が大きくなり、多チャンネル光スイッチ全体の素子長が大きくなってしまふ。また、交差角が大きくとれないことも素子長を大きくする要因となる。その結果として特に基板に半導体を用いる場合には、半導体自体のもつ導波損失が大きいという特性のために、多チャンネル化が難しい。

本発明の目的は、上記の従来の多チャンネル光スイッチの欠点を除き、小型かつ集積化に適した多チャンネルのマトリックス光スイッチを提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明のマトリックス光スイッチは、基板上に互いに平行なM本(Mは自然数)の第1群の光導

波路と、これと交わる互いに平行なN本(Nは自然数)の第2群の光導波路を設置し、前記第1群のi番目の光導波路と第2群のj番目の光導波路の交点を $(i, j)$ とし( $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, i, j$ は自然数)、交点 $(i, j)$ と交点 $(i, j-1)$ 及び交点 $(i, j)$ と交点 $(i+1, j)$ の間にそれぞれ光スイッチエレメントを配置し(但し、 $j-1 < 1, i+1 > M$ となる場合には、交点 $(i, j-1)$ をi番目の導波路の端部、交点 $(i+1, j)$ をj番目の導波路の端部とする)、前記第1群の光導波路及び前記第2群の光導波路とは異なる第3の光導波路で前記2つの光スイッチエレメント間を接続し、前記第3の導波路中に光反射器を設置したことを特徴とする。

(作用)

本発明は多チャンネル光スイッチの構成に関するもので、その作用について第1図を用いて説明する。第1図はマトリックス光スイッチの一例であるが、このマトリックス光スイッチに光を入射

すると(20, 21は入射光)、入射用光導波路24, 25を通過して光スイッチエレメント28, 29, 30, 31に入射する。この光スイッチエレメントでは印加電圧0とVとで光路が切り換わる。光路が入射用の光導波路24, 25から光スイッチエレメント間を結ぶ導波路36, 37, 38, 39に切り換わった光は、光反射器40, 41, 42, 43によってある角度に全反射され前記光スイッチエレメントとは別の光スイッチエレメント32, 33, 34, 35に入射し、光路が出射用光導波路26, 27に移り、出射光22, 23として出射される。

本発明においては光反射器40, 41, 42, 43を用いているために、従来よりも素子長の小型化が行え、また光スイッチエレメント長を大きくとれるために低電圧で動作し、さらに光スイッチエレメントを2つ使用しているために低クロストークの多チャンネルマトリックス光スイッチが得られる。

(実施例)

以下、本発明の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

第1図は本発明によるマトリックス光スイッチの1つの実施例である。この実施例は、本発明に交差導波路全反射型光スイッチを用いたものであり、 $2 \times 2$ の光スイッチを示している。このマトリックス光スイッチは、平行な2本の第1群の入射用光導波路24, 25と、これら入射用光導波路に交わる互いに平行な2本の第2群の出射用光導波路26, 27とを備えている。今、入射用光導波路24, 25と出射用光導波路26, 27の交点をa, b, c, d、入射用光導波路24, 25の端部をe, f、出射用光導波路26, 27の端部をg, hとする。端部eと交点aとの間に光スイッチエレメント28が、交点aと交点cとの間に光スイッチエレメント29が、端部fと交点bとの間に光スイッチエレメント30が、交点bと交点dとの間に光スイッチエレメント31が配置されている。さらに、交点aと交点bとの間に光スイッチエレメント32が、交点bと端部gとの間に光スイッチエレメント34が、交点cと交点dとの間に光スイッチエレメント33が、交点dと端部hとの間に光スイッチエレメント35が

配置されている。光スイッチエレメント28と32とは光スイッチエレメント間導波路36で接続され、光スイッチエレメント29と33とは光スイッチエレメント間導波路37で接続され、光スイッチエレメント30と34とは光スイッチエレメント間導波路38で接続され、光スイッチエレメント31と35とは光スイッチエレメント間導波路39で接続されている。そして、これら光スイッチエレメント間導波路中にそれぞれ光反射器40, 41, 42, 43が設置されている。

第2図及び第3図は、このマトリックス光スイッチの光スイッチエレメントの製造方法を説明するための図であり、製造方法を述べつつその構造について説明する。

まず、半絶縁性GaAs基板11上にすべてノンドープでGaAsバッファ層12(厚み $0.1\mu\text{m}$ )、 $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ クラッド層13( $1\mu\text{m}$ )、 $\text{GaAs}/\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ 多重量子井戸(MQW)ガイド層14( $0.4\mu\text{m}$ )、 $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ クラッド層15( $0.5\mu\text{m}$ )、GaAs

トップ層16( $0.1\mu\text{m}$ )をMBE法により連続成長する。GaAs/ $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ 多重量子井戸(MQW)ガイド層14は厚み100ÅのGaAs、 $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ 層を20周期交互に積層したものである(以下では簡単のためモル比は略して記す)。

次に、フォトリソグラフィ法により幅 $10\mu\text{m}$ で入出力用の導波路と交差角 $5 \sim 10^\circ$ の交差パターンのマスクをエビ層側に形成し、反応性イオン・ビームエッチング法によりマスク以外のGaAsトップ層16及び $\text{AlGaAs}$ クラッド層15をエッチングする。この際エッチングは $\text{AlGaAs}$ クラッド層15の途中で止めるように制御した。このエッチングにより、2本の装荷型チャンネルガイド17による交差型導波路と入射用導波路及び出射用導波路が形成される。

第2図は光スイッチエレメントとしての交差型導波路の部分を示している。

次に第3図のように光スイッチエレメントを結合導波路、すなわち光反射器入射側導波路44と光

反射器反射側導波路45との交点に、反応性イオン・ビームエッチング法により光反射器46を形成する。この際のエッチングはGaAsバッファ層12まで行う。このようにすると第3図のように入射側導波路44から光反射器46に入射した光はガイド層と外部空気との屈折率差 $\Delta n = 2.5$ によって入射角が臨界角以上の時には全反射され、出射側導波路45へ反射される。

最後に、第2図において、浅い交差角の2等分線A-A'に沿って金によるショットキー電極18を形成する。また、裏面にはオーミック接触電極19を金・ゲルマニウムを用いて形成する。これら電極18, 19は多重量子井戸層14のヘテロ界面に垂直に電界を印加する手段を構成する。

なお、ここで光導波路形成及び光反射器形成に用いられる反応性イオン・ビームエッチング法は、エッチング面の垂直性、平滑性に優れていることが知られている。

以上述べた製作プロセスはあくまでも一例であって、製造はこのプロセスに限定されない。多重

量子井戸層は、気相成長法(VPE法)や金属有機物法(MOCVD法)などを用いて成長してもよく、導波路の形状はリブ型あるいは溝を掘った形状にしてもよい。また、材料系としてはGaAs/AIGaAs系材料を用いた場合につき説明したが、これに限定されるものではなく、例えばInP/InGaAsP、InAlAs/InGaAs等の半導体材料、LiNbO<sub>3</sub>等の強誘電体材料も用いることができ、光スイッチの構成方式としては方向性結合器、Y分岐型等の構成も用いることができる。

次に、本実施例の動作について第1図を用いて説明する。ここでは、スイッチングを行う光の波長としてMQWガイド層14の吸収端(バンドギャップ波長 $\lambda_c = 0.85\mu\text{m}$ )より長波長側を考え、 $0.875\mu\text{m}$ を選んだ。入射用導波路24に入射した光20は、光スイッチエレメント28において印加電圧が0のときには光導波路24をそのまま進行し、印加電圧がある値Vのときには全反射されて光導波路36にエネルギーが移行し、光反射器40で全反

射されて光スイッチエレメント32にはいり、光スイッチエレメント28と同様に印加電圧Vのときに全反射されて出射用導波路26に移り、出射光22となる。同様に、光スイッチエレメント28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35が印加電圧0とVの間でスイッチングを行うように構成されているものとすれば、任意の入射端から入射した光が任意の出射端からの出射光として取り出せ、即ち $2 \times 2$ の光スイッチとして動作させることができる。なお、ここで用いられている光スイッチエレメントとしての交差型導波路は第2図のような構造をしており、電極18, 19間に電圧を印加することにより、電極間にあるMQWガイド層14にマイナスの屈折率が誘起されて入射光が全反射される。この時のクロストークはチャンネルガイド17の交差角が $5 \sim 10^\circ$ と大きいため $-30\text{dB}$ 以下である。

本実施例のように基板上に光反射器を設置することによって導波光を入射方向とは異なる方向に反射させれば、光スイッチエレメントを光入射方向に多段に配置する必要がなくなり、素子長が小

型化される。特にマトリックスサイズが大きくなった時(チャンネル数が大きくなった時)には、その違いは顕著である。試算によれば、 $8 \times 8$ マトリックス光スイッチを従来の第4図のような方法で作製した場合には半導体材料では数mmの大きさになるが、本発明を用いれば1mm以下にすることができる。

#### (発明の効果)

以上、詳細に説明したように、本発明によれば1つの入出力端子間に光スイッチエレメントが2個あるため低クロストーク化が行え、光反射器を1個しか用いないため低損失である。さらにマトリックス構成自体が等方形状であるため、加工が容易である。したがって本発明によれば小型でモノリシック集積が可能でかつ低クロストークの多チャンネル光スイッチが得られる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明による多チャンネル光スイッチの一実施例を説明するための平面図、

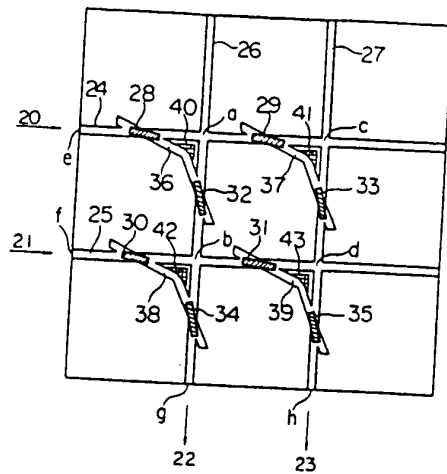
第2図は、交差型導波路を説明するための図、

第3図は、光反射器を説明するための図、

第4図は、従来の多チャンネル光スイッチを説明するための図である。

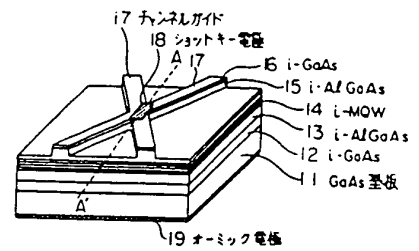
- 11, 12, 13, 14, 15, 16 . . . 半導体
- 17 . . . . . チャンネルガイド
- 18, 19 . . . . . 電極
- 20, 21 . . . . . 入射光
- 22, 23 . . . . . 出射光
- 24, 25 . . . . . 入射用導波路
- 26, 27 . . . . . 出射用導波路
- 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 . . 光スイッチエレメント
- 36, 37, 38, 39 . . . . . 各光スイッチエレメントを結ぶ導波路
- 40, 41, 42, 43 . . . . . 光反射器

代理人 弁理士 岩 佐 義 幸

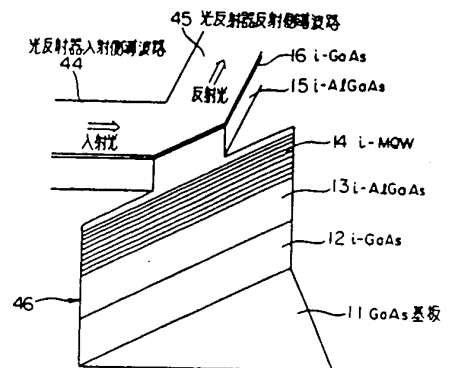


- 20, 21 ..... 入射光  
22, 23 ..... 出射光  
24, 25 ..... 入射用光導波路  
26, 27 ..... 出射用光導波路  
28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 ..... 光スイッチエレメント  
36, 37, 38, 39 ..... 光スイッチエレメント間導波路  
40, 41, 42, 43 ..... 光反射器

第 1 図



第 2 図



第 3 図

手続補正書

昭和63年 5月 9日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

昭和62年特許願第29565号

2. 発明の名称

マトリックス光スイッチ

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

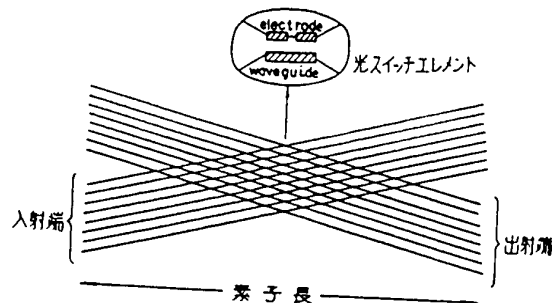
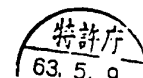
名称 日本電気株式会社

4. 代理人 〒110

居所 東京都台東区台東一丁目27番11号

佐藤第二ビル4階 電話(03)834-7893

氏名 (8664) 弁理士 岩佐 義幸



第 4 図

5. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄  
及び図面

6. 補正の内容

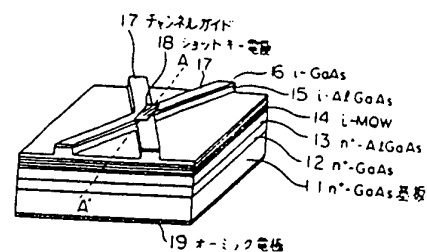
(1) 明細書第8頁第15行目～第9頁第2行の  
「まず、半絶縁性GaAs基板11…成長する。」  
を以下の様に補正する。

「まず、 $n^+$ -GaAs基板11上に、 $n^+$ -GaAs  
バッファ層12(厚み $0.1\mu\text{m}$ )、 $n^+$ -AlGaAs  
クラッド層13( $1\mu\text{m}$ )、ノンドープ  
GaAs/AlGaAs多重量子井戸  
(MQW)ガイド層14( $0.4\mu\text{m}$ )、ノンドープ  
AlGaAsクラッド層15( $0.5\mu\text{m}$ )、  
ノンドープGaAsトップ層16( $0.1\mu\text{m}$ )をM  
BE法により連続成長する。」

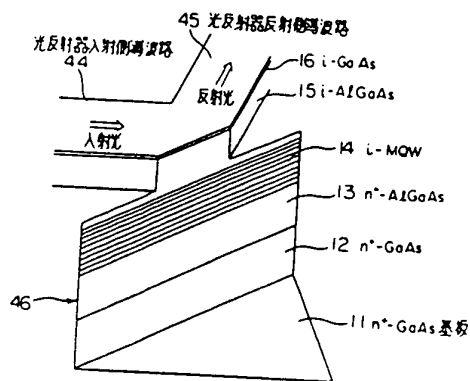
(2) 第2図を別紙図面のように補正する。

(3) 第3図を別紙図面のように補正する。

代理人 弁理士 岩佐 義幸



第2図



第3図